



НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Дисципліна професійної та практичної підготовки (за вибором студента)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Красношопка Наталія Дмитрівна, 0661968086
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Надійність електромеханічних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є посилення та закріплення у студентів наступних здатностей: K02 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; K12 – Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; K15 – Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого

електроприводу; К19 – Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування

Предмет навчальної дисципліни – методи аналізу надійності електромеханічних систем та способи її підвищення.

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:
 ПР03 – Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; ПР07 – Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; ПР08 – Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; ПР09 – Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; ПР12 – Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень; ПР17 – Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен мати базові знання з освітніх компонентів «Вища математика. Частина 1», «Вища математика. Частина 2», «Технічна механіка», «Електричні машини», «Електропривод», «Системи автоматизації. Частина 1», «Системи автоматизації. Частина 2», «Силові перетворювачі електроприводів», «Автоматизований електропривод», «Керування електроприводами», «Електромеханічні системи типових технологічних застосувань».

Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для якісного виконання дипломного проекту (роботи).

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 5 розділів, а саме:

Розділ 1. Основні поняття надійності

Тема 1.1. Фактори, що впливають на надійність електромеханічних систем

Тема 1.2. Основні поняття теорії надійності

Тема 1.3. Класифікація відмов

Розділ 2. Математичні критерії надійності невідновлюваних систем

Тема 2.1. Основні показники безвідмовності.

Тема 2.2. Показники безвідмовності.

Тема 2.3. Густина розподілу відмов.

Тема 2.4. Інтенсивність відмов.

Тема 2.5. Переваги та недоліки показників надійності.

Тема 2.6. Експоненціальний закон розподілу

Розділ 3. Надійність електромеханічних систем.

Тема 3.1. Основи розрахунку надійності

Тема 3.2. Загальні поняття про системи з резервуванням

Тема 3.3. Надійність основної системи

Тема 3.4. Надійність систем з навантаженим резервуванням

Тема 3.5. Надійність систем з ненавантаженим резервуванням

Тема 3.6. Надійність систем з ковзним резервуванням

Розділ 4. Надійність відновлюваних електромеханічних систем

Тема 4.1. Постановка задачі. Загальна розрахункова модель

Тема 4.2. Показники надійності відновлювальних систем

Тема 4.3. Зв'язок логічної схеми надійності з графом станів

Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж [Електронний ресурс]: підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матєєнко, О. Р. Пастух ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 19,63 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 457 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21488>
2. Болтянська Н. І. Надійність технологічних систем: курс лекцій / Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 168 с.
3. Надійність електроенергетичних систем. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. В. Казанський. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 67 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32189>
4. Методичні вказівки до проведення практичних занять студентів з дисципліни «Надійність технічних систем і техногенний ризик» (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.170202 – Охорона праці) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Е. Абракітов, С. А. Грязнова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 83 с.
5. Надійність технологічних систем». Посібник-практикум / Н.І. Болтянська. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 162 с.

Допоміжна література

6. Кустов В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. - 218 с.
7. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення:
8. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення
9. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення:
10. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними:
11. ДСТУ 8647:2016. Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань і (або) експлуатації в умовах малої статистики відмов:

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p><u>Розділ 1. Основні поняття надійності</u> <u>Тема 1.1. Фактори, що впливають на надійність електромеханічних систем</u> Причини зменшення та методи підвищення надійності електромеханічних систем. Причини виникнення проблеми надійності. Шляхи підвищення надійності. Фактори, що впливають на надійність на етапах проектування, виготовлення і експлуатації електромеханічних систем, та шляхи підвищення надійності за рахунок впливу на них. Література [1], [2].</p>
2	<p><u>Тема 1.2. Основні поняття теорії надійності</u> Основні поняття теорії надійності: об'єкт, елемент і система. Визначення надійності, справність, працездатності, довговічності, відмови, критерію відмови, граничного стану. Відновлювальні та невідновлювальні об'єкти. Поняття технічний ресурс, назначений ресурс, строк служби. Література [1], [2].</p>
3	<p><u>Тема 1.3. Класифікація відмов</u> Основні ознаки класифікації відмов по: типу, природі виникнення, характеру виникнення, причині виникнення, характеру усунення, наслідкам відмови, можливості подальшого використання об'єкту, складності виявлення та моменту виникнення Література [1], [2].</p>
4	<p><u>Розділ 2. Математичні критерії надійності невідновлюваних систем</u> <u>Тема 2.1. Основні показники безвідмовності.</u> Статистичні, та вірогідні визначення показників безвідмовності. Стандартні позначення результатів досліджень. Література [1], [2].</p>
5	<p><u>Тема 2.2. Показники безвідмовності.</u> Ймовірність безвідмовної роботи і ймовірність відмови. Статистична і ймовірнісна оцінка ймовірності безвідмовної роботи і ймовірності відмови. Типові графіки ймовірності безвідмовної роботи і ймовірності відмов, та їх визначення на довільному інтервалі часу. Література [1], [2].</p>
6	<p><u>Тема 2.3. Густина розподілу відмов.</u> Статистичне та ймовірнісне визначення густини розподілу відмов. Графік густини розподілу відмов, характерні відрізки, зв'язок ймовірності відмов і ймовірності безвідмовної роботи з густиною розподілу. Статистичне та ймовірнісне визначення інтенсивності відмов. Типові графіки інтенсивності відмов. Література [1]</p>
7	<p><u>Тема 2.4. Інтенсивність відмов</u> Статистичне та ймовірнісне визначення інтенсивності відмов. Типові графіки інтенсивності відмов Література [1]</p>
8	<p><u>Тема 2.5. Переваги та недоліки показників надійності.</u></p>

	<i>Переваги та недоліки показників надійності: ймовірності безвідмовної роботи, середній час безвідмовної роботи, час наробки до відмови, частота відмов, інтенсивність відмов. Література [1], [2].</i>
9	<u>Тема 2.6. Експоненціальний закон розподілу</u> <i>Експоненціальний закон розподілу. Характеристики об'єктів, які описуються експоненціальним законом розподілу. Густина розподілу відмов, середня наробка до відмови, дисперсія наробки до відмови при експоненціальному законі розподілу. Графіки показників безвідмовності при експоненціальному законі розподілу. Зв'язок між показниками безвідмовності при загальному і експоненціальному законі розподілу. Література [1]</i>
10	Розділ 3. Надійність електромеханічних систем. <u>Тема 3.1. Основи розрахунку надійності</u> <i>Мета і задачі розрахунку надійності. Основні етапи розрахунку надійності. Типові структури систем Література [1], [2].</i>
11	<u>Тема 3.2. Загальні поняття про системи з резервуванням</u> <i>Типові структури з резервуванням, їх характеристики. Література [1], [2].</i>
12	<u>Тема 3.3. Надійність основної системи</u> <i>Ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмов, середній час наробки на відмову, інтенсивність відмов схеми. Література [1], [2].</i>
13	<u>Тема 3.4. Надійність систем з навантаженим резервуванням</u> <i>Ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмов, середній час наробки на відмову, інтенсивність відмов схеми. Література [1].</i>
14	<u>Тема 3.5. Надійність систем з ненавантаженим резервуванням</u> <i>Надійність систем з ненавантаженим резервуванням Ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмов, середній час наробки на відмову, інтенсивність відмов схеми Література [1].</i>
15	<u>Тема 3.6. Надійність систем з ковзним резервуванням</u> <i>Надійність систем з полегшеним резервуванням. Ковзаюче резервування. Ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмов, середній час наробки на відмову, інтенсивність відмов схеми Література [1].</i>
16	Розділ 4. Надійність відновлюваних електромеханічних систем <u>Тема 4.1. Постановка задачі. Загальна розрахункова модель</u> <i>Постановка задачі. Загальна розрахункова модель. Правила складання моделі. Марківський процес Література [1].</i>
17	<u>Тема 4.2. Показники надійності відновлювальних систем</u> <i>Показники надійності відновлювальних систем Функція готовності, функція простою, коефіцієнт готовності. Література [1].</i>
18	<u>Тема 4.3. Зв'язок логічної схеми надійності з графом станів</u> <i>Зв'язок логічної схеми надійності з графом станів Перехід від логічної схеми до графу стану, позначення на графах стану. Література [1].</i>

Практичні заняття

№	Перелік практичних занять	Кількість
---	---------------------------	-----------

з/п		ауд. годин
1.	Побудова функцій надійності	2
2.	Контроль надійності за методом однократної виборки	2
3.	Розрахунок надійності невідновлюваних виробів при основному з'єднанні елементів	2
4.	Послідовний метод контролю надійності	2
5.	Розрахунок характеристик надійності невідновлюваних резервованих виробів	2
6.	Розрахунок надійності відновлюваних виробів	2
7.	Оцінювання надійності технічних виробів за результатами випробувань	2
8.	Модульна контрольна робота	2

Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	36
2	Підготовка до практичних	18
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до заліку	6
	Разом	66

Політика та контроль

5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях та виконання та захист лабораторних робіт.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист РГР з дисципліни здійснюється індивідуально.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

<https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Передові технології в електроприводі та електромеханічних системах-1»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, робота на практичних заняттях.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: стартовий рейтинг не менше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- робота під час практичного заняття;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	робота на практичних заняттях	МКР
36	32	32

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 2.

Максимальна кількість балів за всі лекції – 2 бали × 18 = 36 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання – 2.
- відповіді на окремі питання правильні на 75-50% – 1.
- неправильні відповіді на окремі питання – 0.

Робота на практичному занятті

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі 8 практичних занять – 4 балів × 8 = 32 балів.

Критерії оцінювання

- *активна участь під час заняття, самостійне розв'язання задач, активна робота біля дошки – 4;*
- *активна участь в проведенні заняття, але відповіді неточні – 3;*
- *участь в проведенні заняття, але відповіді із суттєвими помилками – 2;*
- *студент не приймає участі у проведенні заняття, не надає відповідей на питання або відповіді не вірні – 0;*

Модульна контрольна робота

Кількість МКР – 1 тривалістю 2 академічні години

Ваговий бал МКР – 32.

Максимальний бал за МКР – 32×1=32.

Критерії оцінювання

- *повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) – 30–32 балів;*
- *неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) – 16 – 29 балів;*
- *відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0 балів;*

Додаткові (бонусні) бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені додаткові бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 9 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть бути отримані за такі види робіт «Завдання до лекцій».

***Завдання до лекцій.** Студенти, за бажанням, можуть надати законспектовані матеріали лекційних занять. Кількість балів за 1 законспектовану лекцію складає 0,5. Максимальна кількість балів, які студенти можуть отримати за конспектування лекційних матеріалів складає 9.*

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Максимальна сума балів складає 100.

Необхідною умовою допуску до заліку є стартовий рейтинг не менше 40 балів, Для отримання заліку з освітнього компонента «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали студентом анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Залікова робота Залікова робота проводиться на останньому лекційному занятті і складається з двох теоретичних запитань та задачі.

Критерії оцінювання заліку

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Красношапкою Н.Д.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 6 від 28.12.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №5 від 26.01.2023 р.)